

**19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

**DE 203 01 081 U 1**

Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 N 21/61**  
G 01 N 21/35  
G 01 N 21/07

<b>21</b>	<b>Aktenzeichen:</b>	<b>203 01 081.7</b>
<b>22</b>	<b>Anmeldetag:</b>	<b>24. 1. 2003</b>
<b>47</b>	<b>Eintragungstag:</b>	<b>10. 4. 2003</b>
<b>43</b>	<b>Bekanntmachung im Patentblatt:</b>	<b>15. 5. 2003</b>

**DE 203 01 081 U 1**

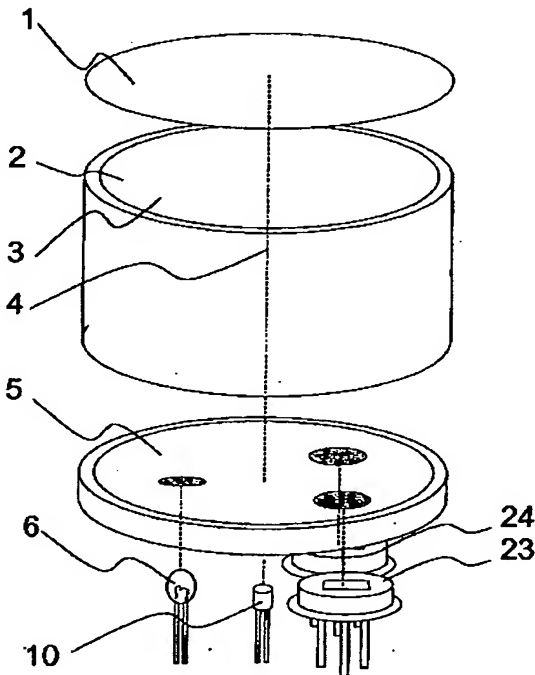
**Ⓢ Innere Priorität:**  
**102 23 277. 6                      24. 05. 2002**

**® Inhaber:**  
Dräger Safety AG & Co. KGaA, 23560 Lübeck, DE

### ⑤4 Optischer Gassensor

⑤7 Optischer Gassensor mit folgenden Merkmalen:

- a) Eine Messgasküvette (3) ist als zylinderförmiger Raum mit einem Messgas-Einflaß ausgebildet,
- b) die Messgasküvette (3) wird in längsaxialer Richtung durch ein reflektierendes ebenes, erstes Deckelelement (1) und ein im Abstand dazu parallel angeordnetes, reflektierendes ebenes zweites Deckelelement (5) begrenzt, wobei
- c) die Höhe der Messgasküvette (3) etwa dem einfachen bis dreifachen Durchmesser der Deckelelemente (1, 5) entspricht,
- d) das zweite Deckelelement (5) nimmt eine Strahlungsquelle (6) und zwei Detektorelemente (23, 24) mit mindestens einem Messdetektor und einem Referenzdetektor auf,
- e) die Strahlungsquelle (6) ist um einen Betrag von 30 bis 60% des Radius des zweiten Deckelelementes (5) vom Mittelpunkt des zweiten Deckelelementes (5) verschoben angeordnet,
- f) beide Detektorelemente (23, 24) sind um einen für beide Detektorelemente (23, 24) gleichen Betrag von 25 bis 35% des Radius des zweiten Deckelelementes (5) von einer Geraden durch den Mittelpunkt des zweiten Deckelelementes (5) verschoben, wobei die Gerade senkrecht auf dem Durchmesser durch die Strahlungsquelle (6) verläuft und die Verschiebungsrichtung der Detektorelemente (23, 24) entgegengesetzt zu der der Strahlungsquelle (6) ist, und
- g) die Detektorelemente (23, 24) sind spiegelsymmetrisch zueinander und in jeweils gleichem Abstand vom Durchmesser durch die Strahlungsquelle (6) angeordnet, wobei der Abstand 10 bis 50% des Radius des zweiten Deckelelementes (5) beträgt.



**DE 203 01 081 U 1**

24.01.03

## Beschreibung

Dräger Safety AG & Co. KGaA, Revalstraße 1,  
23560 Lübeck, DE

5

## Optischer Gassensor

Die Erfindung betrifft einen optischen Gassensor gemäß Anspruch 1.

10

Mit derartigen optischen Gassensoren, wie beispielsweise in der US 5,973,326 offenbart, werden kompakte Gasanalysegeräte zur Verfügung gestellt, die geringe Fertigungskosten und eine robuste Bauweise ermöglichen, weil keine beweglichen optischen Bauelemente verwendet werden.

15

Das bekannte Messprinzip der optischen Gassensoren beruht auf der konzentrationsabhängigen Absorption elektromagnetischer Strahlung, speziell im infraroten Wellenlängenbereich, durch das zu messende Gas, das heißt das Messgas. Das Messgas, zum Beispiel Kohlenwasserstoffe,  $\text{CO}_2$  und andere Spurengase, diffundiert im Allgemeinen durch eine Staubschutzmembran oder eine Flammensperre in Form eines Gewebes oder einer gasdurchlässigen Schicht eines gesinterten oder keramischen Materials in das Küvettenvolumen der Messgasküvette des Gassensors.

20

Die Messgasküvette wird von der Strahlung mindestens einer, im Allgemeinen einen größeren Wellenlängenbereich überstrahlenden, breitbandigen

25

Strahlungsquelle durchstrahlt, wobei als Strahlungsquelle in der Regel eine Glühlampe oder ein elektrisch geheiztes Glas- oder Keramikelement verwendet wird. Die von der mindestens einen elektromagnetischen Strahlungsquelle sich divergent ausbreitende Strahlung wird mit Hilfe optisch reflektierender Flächen gebündelt, um die Strahlungsintensität am Ort des Mess- und gegebenen-

30

falls des Referenzdetektors zu erhöhen. Durch die Bündelung der Strahlung wird das Signal-/Rauschverhältnis des Gassensors erhöht und somit die Messqualität verbessert. Die verwendeten Detektoren sind im Allgemeinen pyroelektrische Kristalle, Halbleiterelemente oder sogenannte Thermosäulen aus Thermoelementen, die die gemessene Strahlungsleistung in elektrische Signale

DE 203 01 081 U1

umwandeln, welche in geeigneter Weise für die Bestimmung der zu messenden Gaskonzentration ausgewertet werden.

- 5 Falls zwei oder mehr unterschiedliche Messgase mit einem Gassensor gemessen werden sollen, wird eine der Anzahl der unterschiedlichen Messgase entsprechende Anzahl von Messdetektoren verwendet, die für das jeweilige Messgas wellenlängenspezifisch empfindlich sind. Die Selektion des oder der Wellenlängenbereiche erfolgt mit Hilfe von Interferenzfiltern, die im Allgemeinen
- 10 vorgeschaltet direkt mit den zugehörigen Detektoren verbunden oder kombiniert sind. Ein Wellenlängenbereich enthält die Wellenlänge einer Absorptionsbande des Messgases und wird vom zugehörigen Messdetektor erfasst, während der vom optionalen Referenzdetektor erfasste Wellenlängenbereich so gewählt ist, dass er durch die Absorption des Messgases nicht beeinflusst wird. Durch
- 15 Quotientenbildung und geeignete Verrechnung der Messsignale wird die Messgaskonzentration bestimmt und der Einfluss von Alterungseffekten der Strahlungsquelle sowie der Einfluss möglicher Verschmutzungen im optischen Strahlenweg kompensiert.
- 20 Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Gassensors, der eine sehr kompakte Bauweise ohne bewegliche optische Bauelemente ermöglicht bei verbesserter Messempfindlichkeit.

- Die Lösung der Aufgabe erhält man mit den Merkmalen von Anspruch 1. Die
- 25 abhängigen Ansprüche geben vorteilhafte Ausbildungen des Gassensors nach Anspruch 1 an.

- Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Gassensors nach Anspruch 1 besteht in der Ausbildung der Messgasküvette mit kleinem Volumen als
- 30 zylinderförmiger Raum mit reflektierender Küvettenwand und der Ausbildung eines ersten Deckelelementes als ebene Reflexionsfläche und eines parallel gegenüberliegenden zweiten Deckelelementes als ebenfalls ebene Reflexionsfläche mit der angegebenen geometrischen Anordnung der Strahlungsquelle und der Detektorelemente in dem zweiten Deckelement,

- wodurch einerseits aufgrund von Mehrfachreflexionen die
- 5 Strahlenwege zwischen der Strahlungsquelle und den Detektoren bei kompakter Bauweise für eine Erhöhung der Messempfindlichkeit verlängert sind bei gleichzeitiger Erhöhung der Messsignalstärke am Ort der Detektoren. Außerdem ist eine einfache Fertigung des Gassensors ohne aufwändige Justagen möglich.
- 10 Durch die kompakte Bauweise wird zusätzlich eine kürzere Ansprechzeit des erfindungsgemäßen Gassensors erzielt.

- Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird mit Hilfe der Figuren 1 und 2 erläutert, wobei Figur 1 eine Ansicht eines Gassensors mit abgehobenem oberen, ersten
- 15 Deckelelement 1 und abgesenktem unteren, zweiten Deckelelement 5 zeigt. Figur 2 zeigt eine Aufsicht auf das zweite Deckelelement 5 mit den optischen Bauelementen und dem Strahlenverlauf.

- Die Erfindung verzichtet auf bewegliche optische Bauteile, um einen robusten,
- 20 kompakten und preiswerten optischen Gassensor in einem Sensorgehäuse bereitzustellen. Die äußeren Abmessungen des kreiszylinderförmigen Sensorgehäuses gemäß Ausführungsbeispiel betragen nur 20 Millimeter Durchmesser und 30 Millimeter Höhe, so dass insbesondere auch kompakte, tragbare Gassensoren mit der Erfindung realisiert werden können. Die Strahlungsquelle 6 ist ein an sich
- 25 bekannter, breitbandiger Strahler. Die Detektorelemente 23, 24 weisen einen Referenzdetektor und einen Messdetektor für ein bestimmtes Messgas auf, wobei die Detektoren durch zugehörige, vorgeschaltete optische Filter unterschiedliche Wellenlängenbereiche der Strahlung empfangen. In einer besonderen Ausführung der Erfindung sind die Detektorelemente 23, 24 Bauelemente eines einzigen, in
- 30 einem Gehäuse angeordneten Mehrfachdetektors, der sowohl den oder die Messdetektoren entsprechend der Anzahl der Messgase enthält als auch den Referenzdetektor. Der spezifische Aufbau der Messgasküvette 3 aus reflektierenden Bauteilen gemäß Erfindung führt zu einem langen Strahlenweg in

einem kleinen Volumen und wird dadurch erreicht, dass die Lichtausbreitung durch mehrfache Reflexionen zwischen dem ebenen, oberen ersten  
 5 Deckelelement 1 und dem ebenen, unteren zweiten Deckelelement 5 sowie an der Küvettenwand 2 der Messgasküvette 3 erfolgt. Hierbei ist für eine möglichst hohe Messsignalintensität am Ort der Detektorelemente 23, 24 wesentlich, dass die Strahlungsquelle 6 um einen Betrag von 30 bis 60 % des Radius des Deckelelementes 5 vom Mittelpunkt des Deckelelementes 5 verschoben  
 10 angeordnet ist und dass beide Detektorelemente 23, 24 um einen für beide Detektorelemente 23, 24 gleichen Betrag von 25 bis 35 % des Radius des Deckelelementes 5 von einer Geraden durch den Mittelpunkt des Deckelelementes 5 verschoben sind, wobei die Gerade senkrecht auf dem Drehmesser durch die Strahlungsquelle 6 verläuft und die Verschiebungsrichtung der Detektorelemente  
 15 23, 24 entgegengesetzt zu der der Strahlungsquelle 6 ist, siehe Figur 2. Zusätzlich sind die Detektorelemente 23, 24 spiegelsymmetrisch zueinander und in jeweils gleichem Abstand vom Durchmesser durch die Strahlungsquelle 6 angeordnet, wobei der Abstand 10 bis 50 % des Radius des Deckelelementes 5 beträgt. Die Verschiebungen sind nicht unabhängig voneinander, sondern sind für die  
 20 genannten Wertebereiche anteilig aneinander gekoppelt. Eine in Bezug auf die Messsignal-Intensität und die Länge der Strahlenwege besonders günstige Anordnung liegt vor, wenn die Strahlungsquelle 6 und die Detektorelemente 23, 24 zugleich die Ecken eines gleichseitigen Dreiecks bilden und auf einem gemeinsamen Kreis um den Mittelpunkt des Deckelelements 5 mit einem Radius  
 25 von 53 % des Radius des Deckelelements 5 angeordnet sind. Dieser Spezialfall ist in der Figur 2 dargestellt: Die beiden Strahlenbündel 21 und 22 überstreichen in der Ebene des Deckelelements 5 z. B. den gleichen Winkelbereich 60 bis 120 Grad, aber je nach Abstrahlwinkel in senkrechter Richtung ergeben sich unterschiedliche Reflexionen und Strahlenwege. Es gibt somit eine Vielzahl von  
 30 Strahlenbündeln, welche die Detektorflächen treffen. Alle diese Strahlenbündel haben unterschiedliche Abstrahlwinkel. Das bedeutet, dass sich alle Strahlen an den Auftreffpunkten aufaddieren. Dadurch erhöht sich die Intensität an den Messpositionen der Detektorelemente 23, 24 mit jedem möglichen Strahlenverlauf

und somit erhöht sich auch die Signalstärke der Detektoren. Strahlungsquelle 6 und Detektorelemente 23, 24 sind auf dem zweiten Deckelelement 5 angeordnet, welches als Bodenplatte dient und Träger der optischen Bauelemente ist, indem entsprechende Passungen im zweiten Deckelelement 5 vorgesehen sind. Die Passungen können zum Schutz der Detektoren und der elektrischen Bauelemente vor Feuchtigkeit und aggressiven Messgasen durch in das zweite Deckelelement 5 eingesetzte Fenster abgedichtet werden. Gemäß Figur 2 beträgt in einer bevorzugten Ausführung der Erfindung der Abstand zwischen den Detektorelementen 23, 24 etwa 20 bis 90 % des Radius des Deckelelementes 5, wobei die eingezeichnete Verbindungsgerade zwischen den Detektorelementen 23, 24 senkrecht zum Durchmesser des Deckelelements 5 durch die Strahlungsquelle 6 verläuft.

Der Messgas-Einlass erfolgt durch Öffnungen im ersten Deckelelement 1. Dabei kann das erste Deckelelement 1 ein feines Sieb mit einer verbleibenden, effektiv reflektierenden Innenfläche von mindestens 50 % sein. Alternativ weist es einzelne Bohrungen für den Messgas-Einlass auf.

Im unteren, zweiten Deckelelement 5 des Gassensors ist vorteilhafterweise ein Temperaturfühler 10 angeordnet, der insbesondere in einer Passung sitzt, die von der Unterseite gebohrt und nicht zur Oberseite offen ist. Mit dem Signal des Temperaturfühlers 10 können Temperatureinflüsse im Detektorsignal kompensiert werden. Die Küvettenwand 2 ist eine Kreiszylinderfläche, die im Strahlengang liegt, und zur Verbesserung des Signal- / Rauschverhältnisses reflektierend ausgebildet ist.

Wenn der Messgas-Einlass in die Messgasküvette 3 vorzugsweise über das erste Deckelelement 1 erfolgt, ist der Einsatz der Erfindung in tragbaren Mehrgasmessgeräten besonders vorteilhaft, weil es hier auf die einfache Steck- und Tauschbarkeit der verwendeten Gassensoren besonders ankommt. Dabei liegen die elektrischen Bauteile in der dem Messgas-Einlass gegenüberliegenden

Ebene des zweiten Deckelelements 5, wodurch die Signalführung vom Gerät zur unteren Stirnfläche einfach möglich ist.

- 5    Gegenüber den infrarotoptischen Gassensoren nach dem Stand der Technik wird das messgasführende Küvettenvolumen innerhalb des Gassensors mehrfach durchlaufen, so dass die Bauhöhe des Gassensors und somit das Küvettenvolumen erheblich reduziert werden kann. Das Messgas gelangt mittels Diffusion durch Öffnungen in einem der Deckelelemente 1, 5 oder in der Küvettenwand 2 in
- 10   das Küvettenvolumen. Ein reduziertes Küvettenvolumen führt zu einer verkürzten Signal-Ansprechzeit.

- Gemäß einer weiteren möglichen Ausführung des Gassensors sind die Positionen von Strahlungsquelle 6 und Detektorelementen 23, 24 derart vertauscht, dass
- 15   zwei Strahlungsquellen 6 an den Positionen der Detektorelemente 23, 24 verwendet werden und ein Detektor an der Position der Strahlungsquelle 6. Zur Selektion der Wellenlängen sind optische Filter über den Passungen angeordnet, in denen die Strahlungsquellen 6 montiert sind. In diesem Fall wird die Drift des Detektors kompensiert. Einflüsse durch die Alterung der Strahlungsquellen 6
- 20   werden nur insoweit ausgeglichen, wie der Alterungsprozess gleichförmig verläuft.

## 1. Optischer Gassensor mit folgenden Merkmalen:

- 5 a) Eine Messgasküvette (3) ist als zylinderförmiger Raum mit einem Messgas-Einlass ausgebildet,
- 10 b) die Messgasküvette (3) wird in längsaxialer Richtung durch ein reflektierendes ebenes, erstes Deckelelement (1) und ein im Abstand dazu parallel angeordnetes, reflektierendes ebenes zweites Deckelelement (5) begrenzt, wobei
- 15 c) die Höhe der Messgasküvette (3) etwa dem einfachen bis dreifachen Durchmesser der Deckelelemente (1, 5) entspricht,
- d) das zweite Deckelelement (5) nimmt eine Strahlungsquelle (6) und zwei Detektorelemente (23, 24) mit mindestens einem Messdetektor und einem Referenzdetektor auf,
- 20 e) die Strahlungsquelle (6) ist um einen Betrag von 30 bis 60 % des Radius des zweiten Deckelelementes (5) vom Mittelpunkt des zweiten Deckelelementes (5) verschoben angeordnet,
- 25 f) beide Detektorelemente (23, 24) sind um einen für beide Detektorelemente (23, 24) gleichen Betrag von 25 bis 35 % des Radius des zweiten Deckelelementes (5) von einer Geraden durch den Mittelpunkt des zweiten Deckelelementes (5) verschoben, wobei die Gerade senkrecht auf dem Durchmesser durch die Strahlungsquelle (6) verläuft und die Verschiebungsrichtung der Detektorelemente (23, 24)
- 30 entgegengesetzt zu der der Strahlungsquelle (6) ist, und
- g) die Detektorelemente (23, 24) sind spiegelsymmetrisch zueinander und in jeweils gleichem Abstand vom Durchmesser durch die Strahlungsquelle (6) angeordnet, wobei der Abstand 10 bis 50 % des Radius des



24.01.03

zweiten Deckelelements (5) beträgt.

2. Optischer Gassensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen den Detektorelementen (23, 24) 20 bis 90 % des Radius des zweiten Deckelelementes (5) beträgt, wobei die Verbindungsgerade zwischen den Detektorelementen (23, 24) senkrecht zum Durchmesser des zweiten Deckelelementes (5) durch die Strahlungsquelle (6) verläuft.
3. Optischer Gassensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe der Messgasküvette (3) dem doppelten bis dreifachen Durchmesser der Deckelelemente (1, 5) entspricht.
4. Optischer Gassensor nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass im zweiten Deckelelement (5) ein Temperaturfühler (10) angeordnet ist.
5. Optischer Gassensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messgasküvette (3) in Form eines Kreiszylinders ausgebildet ist.
6. Optischer Gassensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messgasküvette (3) und / oder die Deckelelemente (1, 5) aus reflektierenden metallischen Werkstoffen bestehen.
7. Optischer Gassensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im zweiten Deckelelement (5) Passungen für die Aufnahme der Strahlungsquelle (6) und die Detektorelemente (23, 24) vorgesehen sind, wobei die Passungen insbesondere durch Fenster zum Messgas abgedichtet sind.

DE 203 01 081 U1

8. Optischer Gassensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektorelemente (23, 24) Bauelemente eines einzigen, in einem Detektorgehäuse angeordneten Mehrfachdetektors sind, der sowohl den Messdetektor als auch den Referenzdetektor enthält.
9. Optischer Gassensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Deckelelement (1) als Messgas-Einlass in Form eines feinen Siebes mit einer verbleibenden inneren reflektierenden Fläche von mindestens 50 % der gesamten inneren Fläche des ersten Deckelelementes (1) ausgebildet ist.
10. Optischer Gassensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Strahlungsquellen (6) verwendet werden, die die Position der Detektorelemente (23, 24) einnehmen und dass nur ein Detektorelement (23) verwendet wird, welches die Position der Strahlungsquelle (6) einnimmt.
11. Optischer Gassensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die drei Bauelemente bestehend aus einer Strahlungsquelle (6) und zwei Detektorelementen (23, 24) oder bestehend aus zwei Strahlungsquellen (6) und einem Detektorelement (23) die Ecken eines gleichseitigen Dreiecks bilden und zugleich auf einem gemeinsamen Kreis um den Mittelpunkt des zweiten Deckelelements (5) angeordnet sind, wobei der Kreis einen Radius von 53 % des Radius des zweiten Deckelelements (5) hat.

24.01.03

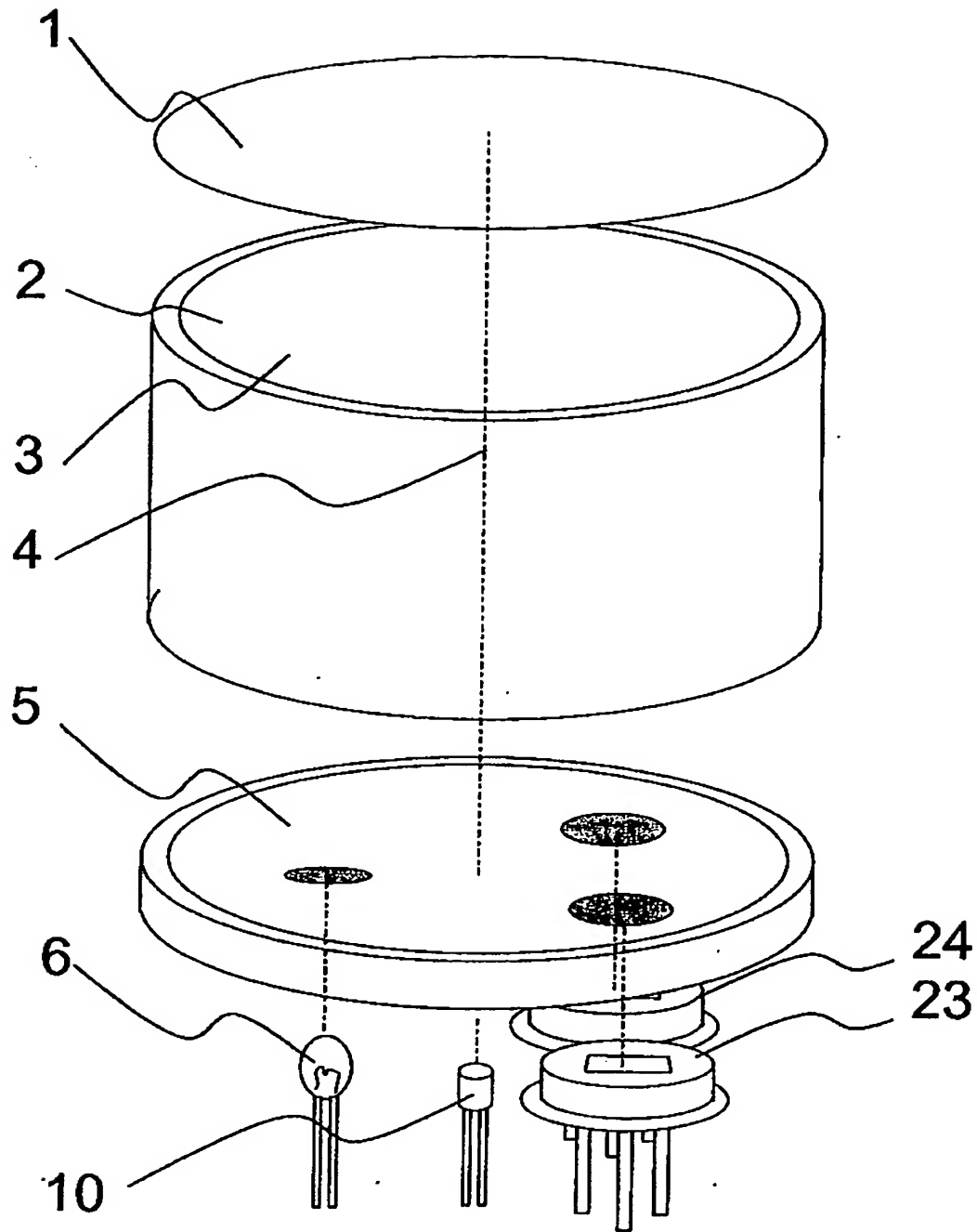


Fig. 1

DE 203 01 081 U1

24.01.03

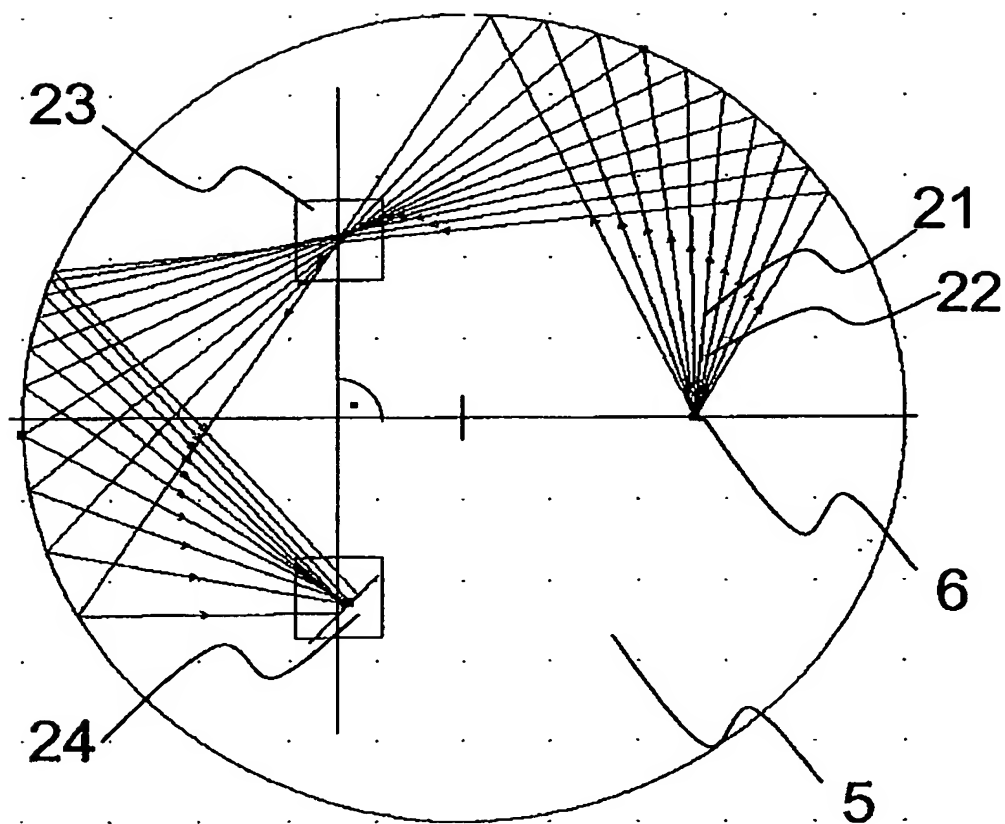


Fig. 2

DE 203 01 081 U1